

## 論文の内容の要旨

論文題目	放射イミュニティ試験の電界規定と高速デジタル通信における電磁干渉に関する研究
学 位 申 請 者	秋 山 佳 春

ユビキタス社会の実現に向けて様々な情報通信技術が開発実用化され、展開されている。様々な無線システムの導入は、電磁環境の悪化を引き起こし、環境電磁工学に関する問題が懸念されている。電子機器に関する電磁両立性(EMC: electromagnetic compatibility)の問題には大別して、非意図的な電磁エネルギーの放射(エミッション)問題と外部からの電磁妨害波に対する機器の耐性(イミュニティ)問題とがある。この論文では、イミュニティ問題を取り上げている。特に空間を伝搬する電磁妨害波を模擬した電磁波を電子機器に放射し、その機器の耐性を試験する放射イミュニティ試験を実施するときの電界規定と、広帯域な信号スペクトラム成分を有する高速デジタル通信での電磁干渉問題に焦点を当てている。

放射イミュニティ試験法に関しては、従来の試験規格で規定されていない大形の供試装置に対する地上高0.8 m以下の電界強度分布の規定方法について提案している。電磁妨害波の放射源が波長と比較して十分遠方にあり、供試装置が平面大地上にあるモデルを考え、装置に印加される電界強度分布の理論値を求め、屋内外の電界強度分布を測定して理論値との比較を行い、理論値が実際の電界強度分布を模擬できていることを検証し、かつ周波数によらない電界強度分布の規定が可能であることを示した。これは、電波暗室内の金属床面に配置する電波吸収体の条件や送信アンテナ高について検討した結果、ここで提案している規定を満足する電界強度分布が発生可能であることを示した。

次に、イミュニティ試験用の電界印加装置は、平面波を模擬した電磁界を供試装置に印加することを目的として設計されている。導体球に平面波が入射したときの球周囲の電界強度分布理論値と、各電界印加装置内に導体球を設置した場合の球周囲の電界強度分布測定値を比較することで、供試装置が設置された状態の電界強度分布の評価を行う方法を提案している。各種電界印加装置(電波暗室、TEM(transverse electromagnetic)導波路装置)について評価を行い、電波暗室が最も理論値からの偏差が小さく、かつ周波数による変動が小さいことを明らかにした。TEM導波路の場合、導体球の大きさが内部導体と外部導体の間隔の1/3以下

であれば、理論値と測定値の偏差は6 dB以下になることを明らかにした。

また、電話機に対して放射イミュニティ試験を実施し、既存の放射イミュニティ試験条件が実環境を模擬できていないことを示し、地上アナログTV放送波の映像信号による電話機の可聴雑音と放射イミュニティ試験による可聴雑音の比較を行った結果、放射イミュニティ試験電界の搬送波を1 kHzで振幅変調するときの変調度を現状の80%から5%に変更することで、地上アナログTV放送波の映像信号による可聴雑音レベルを再現できることを明らかにした。地上高0.8 m以下の電界規定に関してはITU-T(国際電気通信連合、電気通信セクタ)K.43に採用され、電話機の可聴雑音に関する件は、CISPR(国際無線障害特別委員会)の規定値の見直し作業へと展開されるに至っている。

高速ディジタル通信に対する高速電力線通信(PLC: power line communication)信号による電磁干渉問題では、その影響を評価する手法について提案している。電磁干渉の形態として、高速ディジタル通信機器のAC電源ポートに誘導した高速PLC信号が、機器内部の伝導結合によって通信ポートに現れる場合を4ポート回路網でモデル化し、機器のAC電源ポートに入力された高速PLC信号の電圧、電流と、通信ポートに現れる電圧、電流の比(減結合係数)を解析及び測定により求める手法を検討している。さらに、並行して敷設された通信線と電源線、通信線に接続された高速ディジタル通信機器、電源線に接続された機器を8ポート回路網でモデル化し、電源線に入力された高速PLC信号の電圧と静電結合によって通信線の近端に現れる高速PLC信号電圧の比を表すVTR(voltage transfer ratio)を解析により求める手法を提案している。高速ディジタル通信としてVDSL(very high-bit-rate digital subscriber line)を例に挙げ、高速PLC信号の干渉による影響評価として、VDSL通信のスループットが劣化するVDSL信号の伝送損失について検討した結果、VTR解析値を用いた評価結果で高速PLC信号の電磁干渉によるVDSL通信への影響を評価することが可能であることを明らかにしている。

## 論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名 秋山 佳春

審査委員主査 肖 鳳超

委員 三橋 渉

委員 本城 和彦

委員 矢加部 利幸

委員 張 熙

委員 上 芳夫

第1章では、ユビキタスネット社会の実現にむけた通信分野における様々な技術開発やサービスについて概観し、それら新技術の展開に伴って電磁環境の悪化が懸念されており、それに関連する環境電磁工学における諸問題を挙げている。電子機器から発生する非意図的な電磁妨害波と電子機器との共存を図る必要性から一方では、国際規格や国内規定があり、これらについての動向をも述べている。この論文で取り扱う電磁妨害波に対する機器の耐力(イミュニティ)問題の内、放射イミュニティ試験での電界規定に関する課題に関し、関連分野の研究状況を明らかにし、ここで取り扱う内容について述べている。また、高速デジタル通信における電磁干渉に関する課題に対する問題点を挙げている。

第2章では、既存の大型供試機器への放射イミュニティ試験法においての印加電界に関する課題のうち、地上高 0.8 m 以下の電界分布の規定方法として、周波数に依存せずかつ実環境を模擬した規定方法を提案している。この規定方法は通信装置のイミュニティに関する国際勧告を策定している ITU-T(国際電気通信連合-電気通信セクタ)においてイミュニティ勧告 ITU-TK.43 に採用されている。さらに、電波暗室において提案した電界強度分布を実現する方法について検討を行い、電波吸収体の配置条件や送信アンテナ高について示している。また、電波暗室、TEMセルといった放射イミュニティ試験の電界印加装置について、内部に供試装置が設置された状態での電界特性を評価する方法として、導体球に平面波が入射した場合の散乱電界理論値と、電界印加装置内に導体球を設置したときの散乱電界測定値を比較し、どの程度平面波を模擬できているか評価する方法を示している。さらに、地上アナログ TV 放送波を用いた電話機の可聴雑音イミュニティ試験を実施し、現状の放射イミュニティ試験条件が実環境を模擬できていない点を明らかにし、実環境を模擬するための搬送波の AM 変調度を提案している。これは、CISPR(国際無線障害特別委員会)に提案されたが、これをきっかけにして放射イミュニティ試験及び伝導イミュニティ試験における可聴雑音レベルの許容

値が見直され、より実態に合った規定が行われる予定になっている。(注：TEMセル：transverse electromagnetic cell)

第3章では、高速デジタル通信における電磁干渉問題を評価する方法として、機器や通信線あるいは電源線を多ポート回路網でモデル化し、機器の通信ポートや電源ポートにおける希望信号及び干渉信号の電圧や電流を解析により求め、これらの比から通信品質（例えばスループット）の劣化を推定する方法について検討を行っている。この推定方法を用いたケーススタディとして、VDSL (very high-bit-rate digital subscriber line)通信と高速電力線通信 (PLC: Power line communication)とは信号周波数帯域のほとんどが重なっており、同一の宅内やユーザービル内で使用される可能性が高く、現実干渉問題の発生が懸念されていることから、VDSL 通信に対する高速 PLC 信号による影響について評価を行っている。電源線に輸入された高速 PLC 信号の電圧と通信線の近端に現れる高速 PLC 信号電圧との比を解析することで、VDSL 通信のスループットの評価が可能であることを示している。

第4章は、本研究を総括し、研究により明らかになった事象と今後の課題について述べている。

以上の結果は、ユビキタス社会での電磁両立性を確保するために不可欠なイミュニティ分野において、国際規格に関連する問題を理論と実験で裏打ちされた成果として貢献しており、環境電磁工学の発展に寄与するものである。よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として十分な価値を有すると認める。